

異方性の強い半導体における高密度電子励起状態の 光学的研究

著者	中岡 鑑一郎
号	600
発行年	1979
URL	http://hdl.handle.net/10097/24161

氏名・（本籍）	<small>なか おか かん いちろう</small> 中 岡 鑑一郎
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 600 号
学位授与年月日	昭和54年3月27日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専攻	東北大学大学院理学研究科 （博士課程） 物理学専攻
学位論文題目	異方性の強い半導体における高密度電子励起状態の 光学的研究
論文審査委員	（主査） 教授 仁 科 雄一郎 教授 上 田 正 康 教授 森 田 章

論 文 目 次

第Ⅰ章	序 論
第Ⅱ章	本研究の目的
第Ⅲ章	テルルにおける高密度電子励起状態の光学的研究
第Ⅳ章	沃化第二水銀における高密度電子励起状態の光学的研究
第Ⅴ章	討 論
第Ⅵ章	結 論
	謝 辞
	参考文献

論 文 内 容 要 旨

§ 1 序 論

半導体において強い光励起により高密度に作られた励起子の系では、種々の励起子間相互作用の結果、様々の現象が起こることが知られている。中でも、励起子分子と電子・正孔液滴の二つの概念は、半導体の高密度電子励起状態特有の電子物性を理解する上で重要であり、理論的及び実験的な解明が進んでいる。更に、励起子と他の励起子や自由担体との相互作用は、発光機構に重要な役割をする。

ところで、これらの概念は、立方対称的な結晶構造をもつ半導体において主に研究されてきた。これに対して、著しく異方的な結晶構造をもつ半導体の高密度電子励起状態の研究は、その電子物性の複雑さのために余りなされていない。そこで、本研究では、そのような結晶構造をもつ半導体として、テルル (Te) と沃化第二水銀 (HgI_2) に着目した。

このうち Te は、らせん型の結晶構造をもつ VI 族の半導体である。Te の電子帯構造は複雑で異方性があり、特に価電子帯は Camel Back 構造をもつ。又、Te は、励起子の存在が実験的に報告されている半導体の中で、最小のバンドギャップ (約 0.33 eV) をもつ。又、その励起子のボア半径は約 400 \AA と非常に大きく、結合エネルギーは、実験的に $1 \pm 0.2\text{ meV}$ と求められている。これに対して HgI_2 は、層状の結晶構造をしており、電子の質量はほぼ等方的であるが、正孔の質量に大きな異方性があると考えられている。又、 HgI_2 のバンドギャップは、約 2.35 eV と比較的大きく、励起子の結合エネルギーは、 35.0 meV である。

本研究では、Te と HgI_2 の 2 つの半導体において、それらの高密度電子励起状態がバンドギャップの大小や異方性とどのような関連をもつかを、発光スペクトルの解析により調べることを目的とした。

§ 2 実験方法

単結晶は、いずれも気相成長法で作製した。又、波長 $3.7\text{ }\mu\text{m}$ 付近の赤外領域の光学測定をするために、サファイア窓付の赤外クライオスタットを製作した。このクライオスタットは、超伝導マグネット (最大磁場 35 KG) を内蔵しており、磁気光学測定も行なえる。励起光源として、Te に対しては、ネオジウム・YAG レーザー (波長 $1.06\text{ }\mu\text{m}$, パルス幅 25 nsec , 最大励起強度 (MW/cm^2)) を使用し、 HgI_2 に対しては、 N_2 レーザー (波長 337.1 nm , パルス幅 10 nsec , 最大励起強度 $5\text{ MW}/\text{cm}^2$) を用いた。又、光検出器として、Te に対しては光起電力型 InSb 赤外線検出器を、 HgI_2 に対しては光電子増倍管を用いた。そして、光検出器からの繰り返しパルス電流をサンプリングオシロスコープの入力として、その出力信号をレコーダーで記録した。

§ 3 実験結果と考察

3-1 Te

2 Kの温度において、Te単結晶を光励起すると、低励起下では332.7 meVのエネルギー位置に鋭いE発光帯のみが観測された。励起強度を増すと、E発光帯よりもほぼ励起子の結合エネルギーだけ低エネルギー側の位置(331.8 meV)にピークをもつ新しいH発光帯が、E発光帯と分離して観測された。又、H帯の半値幅はEよりも大きい。更に励起強度を増すと、H帯の低エネルギー側330 meV付近に幅の広いL発光帯が、H帯と分離して現われた。そして、HとLの2つの発光帯は、ある励起強度範囲では、共に観測され、しかも、L帯はほとんどピークシフトしない。又、H帯は、9 K付近の温度まで観測された。一方、E帯の発光強度は、励起強度にはほぼ比例して成長し、H帯は、ほぼ2乗、又、L帯は3乗余りで成長する。更に、2枚のSi板を組み合わせた赤外直線偏光器を用いて、各々の発光帯の偏光特性も調べると、E、H、Lの3つの発光帯共に、電気ベクトルが結晶のC軸の方向に強く偏光している。又、2 KにおいてC軸に垂直に磁場を印加して発光を観測すると、約15 KGまでの弱磁場領域でH帯の発光強度は、磁場と共に減少するが、L帯の発光強度は遂に増大することを見いだした。そして、L帯の発光強度の磁場による増大は、励起強度を増すにつれて顕著になることが分かった。

以上の実験結果から、E帯を励起子の消滅による発光、H帯を励起子間の非弾性衝突による発光、更に、L帯を電子・正孔液滴による発光と同定した。即ち、Teの励起子のボア半径は、Ge、Siのような半導体に比べて非常に大きいために、電子・正孔液滴のまわりの励起子は、互いに非弾性衝突を起こし易いと考えられる。このように励起子気体と電子・正孔液滴が結晶内で共存状態にあるとき、いくら励起強度を増しても、液滴の数や大きさが増加するだけで、液滴内の電子、正孔対濃度 n_0 は一定に保たれる。そのため、電子・正孔液滴による発光帯は、励起強度を変えてもピークシフトしない。そこで、発光スペクトルの解析から、電子・正孔液滴の n_0 と結合エネルギー ϕ を次のようにして求めた。

まず、Teの価電子帯と伝導帯の状態密度を計算し、その結果に基づいて、Teの電子帯構造と電子、正孔対濃度の関係を調べた。そして、電子、正孔対濃度と温度をパラメータとしたときの伝導帯と価電子帯の間の帯間遷移による発光スペクトルを計算した。H発光帯との重なりを考慮して、L帯の実験カーブに計算曲線を合わせると、L帯は、温度2 K、電子、正孔対濃度 $8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ に対する計算曲線と最もよく一致することが見いだされた。又、E発光帯の解析から求めた励起子のエネルギーと電子・正孔液滴の化学ポテンシャルのエネルギー差から、電子・正孔液滴の結合エネルギー ϕ を見積もると、1.2 meVとなる。

ところで、電子・正孔液滴は、臨界温度 T_c 付近では、表面から担体が盛んに熱的に蒸発をして不安定になっている。しかし、磁場を印加すると担体のサイクロン運動によって蒸発が磁場の方向に制限されて、電子・正孔液滴は安定になる。そのために、TeのL帯の強度は磁場と共に増

大し、逆に、液滴のまわりの励起子の濃度が小さくなるために、E帯の強度は磁場と共に減少すると考えた。

最後に、Teにおいて電子・正孔液滴が2 Kの低温で存在する理由を、次のように考察した。Teの伝導帯と価電子帯の極値を与える点は、ブリリアンゾーンのH点近傍にある。又、H点とH'点は、空間対称操作に対しては等価である。そのため、伝導帯と価電子帯は、4つの谷をもつ。このようなTeの電子帯の多谷構造や異方性は、電子・正孔液滴の安定性に大きく寄与する。一方、Teは、格子振動によって正規の位置に大きな有効電荷を生ずる。そのため、これによって誘起される電子-音子相互作用が電子・正孔液滴の安定性に寄与する可能性がある。

3-2 HgI₂

4.2 Kの温度においてHgI₂単結晶をN₂レーザー光で高励起すると、532.0 nm付近に新しくM_T発光帯が観測された。更に励起強度を増すと、M_T帯の低エネルギー側に別の発光帯M_Lが出現した。このとき、M_L帯の強度は、励起強度に対して非線形に増大する。又、M_T帯とM_L帯のピークのエネルギー差は、励起子の縦波成分と横波成分のエネルギー差5.1 meVにはほぼ等しい。これらのことから、M_T帯及びM_L帯を、励起子分子がそれぞれ横波励起子と縦波励起子を後に残して崩壊するときの発光と同定した。そして、発光スペクトルの解析から、励起子分子の結合エネルギーを見積もると、 3.8 ± 0.2 meVとなる。この値は、等方的な場合の励起子分子の結合エネルギーの計算結果とよく合う。このことは、正孔の質量に異方性のあるHgI₂において、理論的に予想されているように、励起子分子の安定性に対する異方性の寄与が極めて小さいことを示している。

温度が上昇して励起分子が熱的にやや不安定になると、20 K付近から新しくP発光帯が現われて、50 K近くまで観測された。P帯は、励起子のエネルギーよりほぼ励起子の結合エネルギーだけ低エネルギー側に位置して、その発光強度は、励起強度に対して非線形に増大する。このことから、P帯を、励起子間の非弾性衝突による発光と同定した。

更に、37 K付近の温度において、XHとXEの2つの新しい発光帯が出現し、室温近くまで観測された。これら2つの発光帯の強度は、励起強度に対してほぼ2乗で増大する。又、XE帯は、温度の上昇に対して低エネルギー側に励起子のエネルギーよりも著しく大きなシフトをするが、XH帯は、励起子のエネルギーと同じシフトをする。これらのことから、XH帯及びXE帯を、それぞれ励起子と正孔、励起子と電子の間の非弾性衝突による発光と同定した。そして、XE帯のピークエネルギーの温度依存性から、電子と励起子の質量比は、0.10と見積られた。

§ 4 結 論

(1) 小さいバンドギャップをもつTeにおいて、2 Kの温度で電子・正孔液滴と励起子気体の二相が共存することを見いだした。そして、Teの電子帯の多谷構造や異方性及びTe特有の大きな

有効電荷が、電子・正孔液滴の安定性に大きく寄与することを指摘した。

- (2) Teにおいて、電子・正孔液滴のまわりの励起子が互いに非弾性衝突をしていることを見いだした。この現象は、Teで初めて明らかにされたが、それは、Teの励起子のボア半径が他の半導体よりも非常に大きいことに起因する。
- (3) 比較的大きなバンドギャップをもつHgI₂では、30 K以下の低温において励起子分子が存在することを見いだした。そして、励起子分子の安定性に対する異方性の寄与が極めて小さいことを実験的に裏付けた。又、高温では、励起子間、励起子と自由担体の間で非弾性衝突が起きていることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

半導体中に励起子がレーザー光照射により高密度に創り出されると、その多体的相互作用により、電子・正孔液滴、励起子分子などの高励起特有の状態が発生する。本論文はこの高密度電子励起状態の安定性、および電子-正孔間の相互作用の大きさに、電子帯構造の異方性がいかなる寄与をしているかに着目して実験的解析を行なったもので、全編6章よりなる。

第1章は序論で、高密度電子励起状態における励起子-励起子、および励起子-電子（又は正孔）相互作用により創り出される電子・正孔液滴および励起子分子の概念を述べ、本研究の対象とするTeおよびHgI₂の光物性の実験結果との関係を論じ、従来の解析に用いられた一軸性の異方的電子帯構造のモデルの概略を説明している。これより、上記の異方性が、Teでの電子・正孔液滴、HgI₂での励起子分子の安定性にどのような寄与をしているかを解明することを本研究の目的としている。

第2章はTeについての実験と結果についての考察を述べたもので、結晶作成法、磁場中での赤外発光分光装置の説明に続き、Nd-YAGレーザー励起による発光スペクトルの励起強度依存性および温度、偏光および磁場依存性を測定した結果を示している。励起強度を増すにつれて、直接励起子の消滅によるE線、励起子-励起子非弾性衝突によるH線、電子・正孔液滴（又は液体）状態に対応するL線が光子エネルギーの低い値へと順次現われる。H線がE線又はL線と共存する励起強度領域の存在することは本研究での注目すべき成果であって、励起子の有効ボア-半径の大きいことにより初めて見出された現象である。又液滴も、上記の事実に加えて、H、L両発光線の磁場依存性の比較よりその存在が確められている。

第3章はHgI₂における高励起状態の発光スペクトルの測定結果と考察を述べたものである。励起強度の増加と共に価電子帯から励起された自由励起子の発光線と音子サイドバンド、次に励起子分子が横波又は縦波励起子各一個を残して消滅する際生ずる二つの発光線、更に20乃至50Kの温度領域で励起子間の非弾性衝突による発光帯、又35K以上室温近くの温度まで現われる励起子-電子、励起子-正孔間の非弾性衝突による発光帯の同定が行なわれている。第4章は前2章の結果についての討論であって、電子帯構造のTeにおける異方性および多谷構造、大きな有効電荷は液滴の安定性に多くの寄与をしていること、これに対してHgI₂の励起子分子の安定性への寄与はあまり顕著でないことが指摘されている。第6章は結論である。

以上の内容は半導体物性における実験上の重要な知見であり、本論文作成者が自立して研究活動を行なうために必要な高度の研究能力と学識を有していることを示すものである。

よって中岡鑑一郎提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。

氏名・（本籍）	<small>なか おか かん いちろう</small> 中 岡 鑑一郎
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 600 号
学位授与年月日	昭和54年3月27日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専攻	東北大学大学院理学研究科 （博士課程） 物理学専攻
学位論文題目	異方性の強い半導体における高密度電子励起状態の 光学的研究
論文審査委員	（主査） 教授 仁 科 雄一郎 教授 上 田 正 康 教授 森 田 章

論 文 目 次

第Ⅰ章	序 論
第Ⅱ章	本研究の目的
第Ⅲ章	テルルにおける高密度電子励起状態の光学的研究
第Ⅳ章	沃化第二水銀における高密度電子励起状態の光学的研究
第Ⅴ章	討 論
第Ⅵ章	結 論
	謝 辞
	参考文献

論 文 内 容 要 旨

§ 1 序 論

半導体において強い光励起により高密度に作られた励起子の系では、種々の励起子間相互作用の結果、様々の現象が起こることが知られている。中でも、励起子分子と電子・正孔液滴の二つの概念は、半導体の高密度電子励起状態特有の電子物性を理解する上で重要であり、理論的及び実験的な解明が進んでいる。更に、励起子と他の励起子や自由担体との相互作用は、発光機構に重要な役割をする。

ところで、これらの概念は、立方対称的な結晶構造をもつ半導体において主に研究されてきた。これに対して、著しく異方的な結晶構造をもつ半導体の高密度電子励起状態の研究は、その電子物性の複雑さのために余りなされていない。そこで、本研究では、そのような結晶構造をもつ半導体として、テルル (Te) と沃化第二水銀 (HgI_2) に着目した。

このうち Te は、らせん型の結晶構造をもつ VI 族の半導体である。Te の電子帯構造は複雑で異方性があり、特に価電子帯は Camel Back 構造をもつ。又、Te は、励起子の存在が実験的に報告されている半導体の中で、最小のバンドギャップ (約 0.33 eV) をもつ。又、その励起子のボア半径は約 400 Å と非常に大きく、結合エネルギーは、実験的に 1 ± 0.2 meV と求められている。これに対して HgI_2 は、層状の結晶構造をしており、電子の質量はほぼ等方的であるが、正孔の質量に大きな異方性があると考えられている。又、 HgI_2 のバンドギャップは、約 2.35 eV と比較的大きく、励起子の結合エネルギーは、35.0 meV である。

本研究では、Te と HgI_2 の 2 つの半導体において、それらの高密度電子励起状態がバンドギャップの大小や異方性とどのような関連をもつかを、発光スペクトルの解析により調べることを目的とした。

§ 2 実験方法

単結晶は、いずれも気相成長法で作製した。又、波長 3.7 μm 付近の赤外領域の光学測定をするために、サファイア窓付の赤外クライオスタットを製作した。このクライオスタットは、超伝導マグネット (最大磁場 35 KG) を内蔵しており、磁気光学測定も行なえる。励起光源として、Te に対しては、ネオジウム・YAG レーザー (波長 1.06 μm , パルス幅 25 nsec, 最大励起強度 (MW/cm^2)) を使用し、 HgI_2 に対しては、 N_2 レーザー (波長 337.1 nm, パルス幅 10 nsec, 最大励起強度 5 MW/cm^2) を用いた。又、光検出器として、Te に対しては光起電力型 InSb 赤外線検出器を、 HgI_2 に対しては光電子増倍管を用いた。そして、光検出器からの繰り返しパルス電流をサンプリングオシロスコープの入力として、その出力信号をレコーダーで記録した。

§ 3 実験結果と考察

3-1 Te

2 Kの温度において、Te単結晶を光励起すると、低励起下では332.7 meVのエネルギー位置に鋭いE発光帯のみが観測された。励起強度を増すと、E発光帯よりもほぼ励起子の結合エネルギーだけ低エネルギー側の位置(331.8 meV)にピークをもつ新しいH発光帯が、E発光帯と分離して観測された。又、H帯の半値幅はEよりも大きい。更に励起強度を増すと、H帯の低エネルギー側330 meV付近に幅の広いL発光帯が、H帯と分離して現われた。そして、HとLの2つの発光帯は、ある励起強度範囲では、共に観測され、しかも、L帯はほとんどピークシフトしない。又、H帯は、9 K付近の温度まで観測された。一方、E帯の発光強度は、励起強度にはほぼ比例して成長し、H帯は、ほぼ2乗、又、L帯は3乗余りで成長する。更に、2枚のSi板を組み合わせた赤外直線偏光器を用いて、各々の発光帯の偏光特性も調べると、E、H、Lの3つの発光帯共に、電気ベクトルが結晶のC軸の方向に強く偏光している。又、2 KにおいてC軸に垂直に磁場を印加して発光を観測すると、約15 KGまでの弱磁場領域でH帯の発光強度は、磁場と共に減少するが、L帯の発光強度は遂に増大することを見いだした。そして、L帯の発光強度の磁場による増大は、励起強度を増すにつれて顕著になることが分かった。

以上の実験結果から、E帯を励起子の消滅による発光、H帯を励起子間の非弾性衝突による発光、更に、L帯を電子・正孔液滴による発光と同定した。即ち、Teの励起子のボア半径は、Ge、Siのような半導体に比べて非常に大きいために、電子・正孔液滴のまわりの励起子は、互いに非弾性衝突を起こし易いと考えられる。このように励起子気体と電子・正孔液滴が結晶内で共存状態にあるとき、いくら励起強度を増しても、液滴の数や大きさが増加するだけで、液滴内の電子、正孔対濃度 n_0 は一定に保たれる。そのため、電子・正孔液滴による発光帯は、励起強度を変えてもピークシフトしない。そこで、発光スペクトルの解析から、電子・正孔液滴の n_0 と結合エネルギー ϕ を次のようにして求めた。

まず、Teの価電子帯と伝導帯の状態密度を計算し、その結果に基づいて、Teの電子帯構造と電子、正孔対濃度の関係を調べた。そして、電子、正孔対濃度と温度をパラメータとしたときの伝導帯と価電子帯の間の帯間遷移による発光スペクトルを計算した。H発光帯との重なりを考慮して、L帯の実験カーブに計算曲線を合わせると、L帯は、温度2 K、電子、正孔対濃度 $8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ に対する計算曲線と最もよく一致することが見いだされた。又、E発光帯の解析から求めた励起子のエネルギーと電子・正孔液滴の化学ポテンシャルのエネルギー差から、電子・正孔液滴の結合エネルギー ϕ を見積もると、1.2 meVとなる。

ところで、電子・正孔液滴は、臨界温度 T_c 付近では、表面から担体が盛んに熱的に蒸発をして不安定になっている。しかし、磁場を印加すると担体のサイクロン運動によって蒸発が磁場の方向に制限されて、電子・正孔液滴は安定になる。そのために、TeのL帯の強度は磁場と共に増

大し、逆に、液滴のまわりの励起子の濃度が小さくなるために、E帯の強度は磁場と共に減少すると考えた。

最後に、Teにおいて電子・正孔液滴が2 Kの低温で存在する理由を、次のように考察した。Teの伝導帯と価電子帯の極値を与える点は、ブリリアンゾーンのH点近傍にある。又、H点とH'点は、空間対称操作に対しては等価である。そのため、伝導帯と価電子帯は、4つの谷をもつ。このようなTeの電子帯の多谷構造や異方性は、電子・正孔液滴の安定性に大きく寄与する。一方、Teは、格子振動によって正規の位置に大きな有効電荷を生ずる。そのため、これによって誘起される電子-音子相互作用が電子・正孔液滴の安定性に寄与する可能性がある。

3-2 HgI₂

4.2 Kの温度においてHgI₂単結晶をN₂レーザー光で高励起すると、532.0 nm付近に新しくM_T発光帯が観測された。更に励起強度を増すと、M_T帯の低エネルギー側に別の発光帯M_Lが出現した。このとき、M_L帯の強度は、励起強度に対して非線形に増大する。又、M_T帯とM_L帯のピークのエネルギー差は、励起子の縦波成分と横波成分のエネルギー差5.1 meVにはほぼ等しい。これらのことから、M_T帯及びM_L帯を、励起子分子がそれぞれ横波励起子と縦波励起子を後に残して崩壊するときの発光と同定した。そして、発光スペクトルの解析から、励起子分子の結合エネルギーを見積もると、 3.8 ± 0.2 meVとなる。この値は、等方的な場合の励起子分子の結合エネルギーの計算結果とよく合う。このことは、正孔の質量に異方性のあるHgI₂において、理論的に予想されているように、励起子分子の安定性に対する異方性の寄与が極めて小さいことを示している。

温度が上昇して励起分子が熱的にやや不安定になると、20 K付近から新しくP発光帯が現われて、50 K近くまで観測された。P帯は、励起子のエネルギーよりほぼ励起子の結合エネルギーだけ低エネルギー側に位置して、その発光強度は、励起強度に対して非線形に増大する。このことから、P帯を、励起子間の非弾性衝突による発光と同定した。

更に、37 K付近の温度において、XHとXEの2つの新しい発光帯が出現し、室温近くまで観測された。これら2つの発光帯の強度は、励起強度に対してほぼ2乗で増大する。又、XE帯は、温度の上昇に対して低エネルギー側に励起子のエネルギーよりも著しく大きなシフトをするが、XH帯は、励起子のエネルギーと同じシフトをする。これらのことから、XH帯及びXE帯を、それぞれ励起子と正孔、励起子と電子の間の非弾性衝突による発光と同定した。そして、XE帯のピークエネルギーの温度依存性から、電子と励起子の質量比は、0.10と見積られた。

§ 4 結 論

(1) 小さいバンドギャップをもつTeにおいて、2 Kの温度で電子・正孔液滴と励起子気体の二相が共存することを見いだした。そして、Teの電子帯の多谷構造や異方性及びTe特有の大きな

有効電荷が、電子・正孔液滴の安定性に大きく寄与することを指摘した。

- (2) Teにおいて、電子・正孔液滴のまわりの励起子が互いに非弾性衝突をしていることを見いだした。この現象は、Teで初めて明らかにされたが、それは、Teの励起子のボア半径が他の半導体よりも非常に大きいことに起因する。
- (3) 比較的大きなバンドギャップをもつHgI₂では、30 K以下の低温において励起子分子が存在することを見いだした。そして、励起子分子の安定性に対する異方性の寄与が極めて小さいことを実験的に裏付けた。又、高温では、励起子間、励起子と自由担体の間で非弾性衝突が起きていることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

半導体中に励起子がレーザー光照射により高密度に創り出されると、その多体的相互作用により、電子・正孔液滴、励起子分子などの高励起特有の状態が発生する。本論文はこの高密度電子励起状態の安定性、および電子-正孔間の相互作用の大きさに、電子帯構造の異方性がいかなる寄与をしているかに着目して実験的解析を行なったもので、全編6章よりなる。

第1章は序論で、高密度電子励起状態における励起子-励起子、および励起子-電子（又は正孔）相互作用により創り出される電子・正孔液滴および励起子分子の概念を述べ、本研究の対象とするTeおよびHgI₂の光物性の実験結果との関係を論じ、従来の解析に用いられた一軸性の異方的電子帯構造のモデルの概略を説明している。これより、上記の異方性が、Teでの電子・正孔液滴、HgI₂での励起子分子の安定性にどのような寄与をしているかを解明することを本研究の目的としている。

第2章はTeについての実験と結果についての考察を述べたもので、結晶作成法、磁場中での赤外発光分光装置の説明に続き、Nd-YAGレーザー励起による発光スペクトルの励起強度依存性および温度、偏光および磁場依存性を測定した結果を示している。励起強度を増すにつれて、直接励起子の消滅によるE線、励起子-励起子非弾性衝突によるH線、電子・正孔液滴（又は液体）状態に対応するL線が光子エネルギーの低い値へと順次現われる。H線がE線又はL線と共存する励起強度領域の存在することは本研究での注目すべき成果であって、励起子の有効ボア半径の大きいことにより初めて見出された現象である。又液滴も、上記の事実に加えて、H、L両発光線の磁場依存性の比較よりその存在が確められている。

第3章はHgI₂における高励起状態の発光スペクトルの測定結果と考察を述べたものである。励起強度の増加と共に価電子帯から励起された自由励起子の発光線と音子サイドバンド、次に励起子分子が横波又は縦波励起子各一個を残して消滅する際生ずる二つの発光線、更に20乃至50Kの温度領域で励起子間の非弾性衝突による発光帯、又35K以上室温近くの温度まで現われる励起子-電子、励起子-正孔間の非弾性衝突による発光帯の同定が行なわれている。第4章は前2章の結果についての討論であって、電子帯構造のTeにおける異方性および多谷構造、大きな有効電荷は液滴の安定性に多くの寄与をしていること、これに対してHgI₂の励起子分子の安定性への寄与はあまり顕著でないことが指摘されている。第6章は結論である。

以上の内容は半導体物性における実験上の重要な知見であり、本論文作成者が自立して研究活動を行なうために必要な高度の研究能力と学識を有していることを示すものである。

よって中岡鑑一郎提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。